

METHOD OF FAULT DETECTION FOR MATERIAL PROCESS SYSTEM

Patent number: JP2005514790 (T)

Publication date: 2005-05-19

Inventor(s):

Applicant(s):

Classification:


- international: *G05B23/02; H01L21/00; H01L21/3065; G05B23/02; H01L21/00; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/3065*


- european: G05B23/02; H01L21/00S8B

Application number: JP20030558915T 20021231

Priority number(s): US20010343175P 20011231; WO2002US38989 20021231

Also published as:

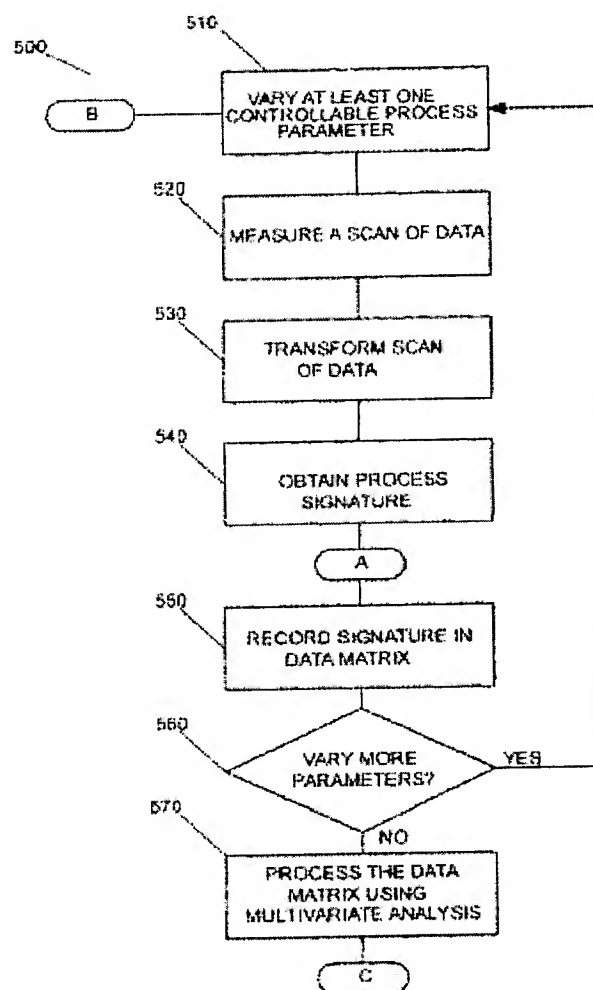
 WO03058699 (A1)

 AU2002364719 (A1)

Abstract not available for JP 2005514790 (T)

Abstract of correspondent: **WO 03058699 (A1)**

A method for material processing utilizing a material processing system to perform a process. The method performs a process (510), measures a scan of data (520), and transforms the data scan (530) into a signature (540) including at least one spatial component. The scan of data (530) can include a process performance parameter such as an etch rate, an etch selectivity, a deposition rate, a film property, etc. The signature (540) can be stored (550), and compared with either a previously acquired signature or with an ideal signature (560). If at least one spatial component substantially deviates from the reference spatial component, then a process fault has potentially occurred. If the cumulative deviation of all spatial components or a select group of components substantially deviates from a reference set of spatial components, then a process fault has potentially occurred.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-514790

(P2005-514790A)

(43) 公表日 平成17年5月19日(2005.5.19)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 21/3085

F I

H01L 21/302 I O I G

テーマコード (参考)

5F004

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2003-558915 (P2003-558915)
 (86) (22) 出願日 平成14年12月31日 (2002.12.31)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年7月30日 (2004.7.30)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/038989
 (87) 国際公開番号 W02003/058699
 (87) 国際公開日 平成15年7月17日 (2003.7.17)
 (31) 優先権主張番号 60/343,175
 (32) 優先日 平成13年12月31日 (2001.12.31)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番6号
 (74) 代理人 100058479
 弁理士 鈴江 武彦
 (74) 代理人 100091351
 弁理士 河野 哲
 (74) 代理人 100088683
 弁理士 中村 誠
 (74) 代理人 100084618
 弁理士 村松 貞男
 (74) 代理人 100092196
 弁理士 橋本 良郎

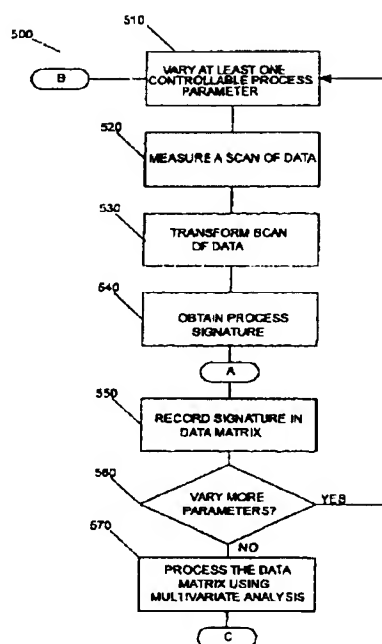
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 材料処理システムに対する欠陥検出の方法

(57) 【要約】

【課題】 材料処理システムに対する欠陥検出方法

【解決手段】 材料処理システムを利用してプロセスを実行する材料処理方法である。この方法は、プロセスを実行し(510)、データスキャンを測定し(520)、該データスキャンを少なくとも1つの空間コンポーネントを含む特性(540)に変換する。このデータスキャン(530)は、エッチング速度、エッチング選択性、堆積速度、膜特性などのプロセス性能パラメータ(14)を含むことができる。前記特性(540)は保存され(550)、先に要求された特性か、理想の特性のどちらかと比較される(560)。少なくとも1の空間コンポーネントが、かなり基準空間コンポーネントからそれるならば、潜在的に有するプロセス欠陥は発生する。全ての空間コンポーネントまたはコンポーネントの選択グループの累積的な偏差がかなり、空間コンポーネントの基準セットからそれる場合、潜在的に有するプロセス欠陥は、発生する。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

材料処理の方法であって、
プロセスを特徴づける工程であって、前記特徴づけるとは前記プロセスの特性の識別を備える工程であって、前記特性は、空間コンポーネントの内の少なくとも1つを備える工程と、

前記プロセスを最適化する工程であって、前記最適化は基準特性の識別を備える工程と、
前記プロセスの前記特性と、前記プロセスに対する前記基準特性とを比較する工程であって、前記比較は、差分の特性の決定と、前記差分の特性と閾値とを比較することによる前記閾値が越えたときに発生するプロセスの欠陥の決定とをする工程と、を備える方法。

10

【請求項 2】

前記プロセスを実行する工程は基板を処理することを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記基板はウェハおよび液晶ディスプレイの内の少なくとも1つである、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記少なくとも1つのプロセス性能パラメータは、エッチング速度、堆積速度、エッチング選択性、エッチング特性異方性、エッチング特性臨界寸法、膜特性、プラズマ密度、イオンエネルギー、化学種の濃度、温度、圧力、マスク膜厚、およびマスクパターン臨界寸法のうちの少なくとも1つである、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記複数の空間コンポーネントは、フーリエ調波である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記特性と、前記制御可能なプロセスパラメータ 1 式との間の前記関係を決定する前記工程は、多変量解析を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記多変量解析は、主要なコンポーネント分析を備える、請求項 6 に記載の方法

【請求項 8】

前記多変量解析は、実験計画を備える、請求項 6 に記載の方法。

30

【請求項 9】

前記少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータは、プロセス圧力、RFパワー、ガス流量、冷却ガス圧力、フォーカスリング、電極間隔、温度、膜材料粘度、膜材料表面張力、照射強度、およびフォーカス深さのうちの少なくとも1つを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記改良は、前記データスキンの空間的均一性の改良を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記改良は、少なくとも1つの空間コンポーネントの最小化を備える、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 12】

前記データスキンは、多次元データスキンである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記多次元データスキンは、2次元データスキンである、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

プロセスチャンバと、
少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータを測定および調整するデバイスと、
少なくとも1つのプロセス性能パラメータを測定するデバイスと、

50

コントローラと、
を備える、材料処理のためのシステムであって、

前記コントローラは、プロセスを特徴づけ、前記特徴づけるとは、前記プロセスの少なくとも1つの空間コンポーネントを備える特性を識別することを備え、前記プロセスに、基準特性を識別することを備える最適化をし、前記プロセスの前記特性と、前記プロセスに対する前記基準特性を比較し、前記比較は、差分の特性の決定と、前記差分の特性と閾値とを比較することにより前記閾値が越えたときに発生するプロセスの欠陥の決定とをす
る工程と、を備えるシステム。

【請求項15】

前記プロセスチャンバは、エッチングチャンバである、請求項14に記載のシステム。 10

【請求項16】

前記プロセスチャンバは、化学蒸着および物理蒸着のうちの少なくとも1つを備える堆積チャンバである、請求項14に記載のシステム。

【請求項17】

前記プロセスチャンバは、フォトレジスト塗布チャンバである、請求項14に記載のシステム。

【請求項18】

前記プロセスチャンバは、スピン・オン・ガラス・システムと、スピン・オン誘電体システムのうちの少なくとも1つを備える誘電体塗布チャンバ、請求項14に記載のシステム。 20

【請求項19】

前記プロセスチャンバは、フォトレジストパターン処理チャンバである、請求項14に記載のシステム。

【請求項20】

前記フォトレジストパターン処理チャンバは、紫外線リソグラフィシステムである、請求項19に記載のシステム。

【請求項21】

前記プロセスチャンバは、急速熱処理チャンバである、請求項14に記載のシステム。

【請求項22】

前記プロセスチャンバは、バッチ式分散炉である、請求項14に記載のシステム。 30

【発明の詳細な説明】

【関連出願への参照】

【0001】

この出願は、優先権を主張し、2001年12月31日に提出された米国特許第60/343、175号に関し、その内容は、参照によりここに組み込まれる。この出願は、第216951WO号と共に提出された係属中のPCT出願第PCT/US02/38989号に関する。

【技術分野】

【0002】

本発明は、材料処理に関し、より具体的には、材料処理システムに対する欠陥検出の方法に関する。 40

【背景技術】

【0003】

驚くべき躍進を遂げる半導体業界における材料処理の一領域としては、例えば、集積回路(IC)の製造が挙げられる。一般的にはICの、特にメモリデバイスの速度増加に対する要求は、半導体製造業に、ウェハ表面のデバイスの小型化を強いている。逆に、基板上のデバイスサイズの縮小が起こっている間、単一基板上に形成されるデバイスの数は、基板直径(または実際にプロセスされる領域)が200mm~300mmまたはそれ以上にさらに拡大したことに伴って大幅に増加している。臨界寸法(CD)により大きな重点を置く特性サイズの減少と、基板サイズの増加との両方により、材料処理の均一性に関 50

する需要がより大きくなり、優れたデバイスの歩留まりを最大化させている。

【0004】

通常、材料処理中、複合材料構造を製造するときの材料膜の追加および除去を容易にする一方法としては、例えば、プラズマの使用が挙げられる。例えば、半導体処理において、（ドライ）プラズマエッチングプロセスは、シリコン基板上にパターン化された微小なラインに沿って、あるいはヴィア又はコンタクト内部の材料の除去またはエッチングに利用される。

【0005】

例えば、IC製造における材料処理中には、臨界特性サイズの縮小、基板サイズの増加、およびプロセス数および複雑性の急増により、プロセスの寿命を通じて、プロセスからプロセスへの材料処理の均一性を制御する必要性が発生している。測定可能な、単に1プロセスでの均一性が欠如した場合、一般に、少なくともそのプロセス中の、ほかの重要なプロセスパラメータを犠牲にする必要に迫られる。材料処理において、プロセスの均一性が欠如すると、例えば、優れたデバイスの歩留まりが低減し、コスト高になる可能性がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

均一な処理特性を生み出すか、周知の非均一性のために校正を行うかのうちの何れかを行うべく、材料処理ハードウェアを設計仕様とする場合、独立したパラメータの拡大設定、これら材料処理デバイスの複雑さ、および単に、このような材料処理デバイスの途方も無いコストおよび剛性の欠如によってさらに複雑化する。さらにまた、従来の材料処理デバイスについては、外的に制御可能なパラメータの数は、周知の非常に少ない調整可能なパラメータに厳しく限定されている。従って、外的に制御可能なパラメータと、測定可能なプロセスパラメータとの間の相互関係が発生し、プロセスの寿命中およびプロセスからプロセスにかけて有効化することが大切である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明によれば、プロセスチャンバと、少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータを測定および調整するデバイスと、少なくとも1つのプロセス性能パラメータを測定するデバイスと、を備える材料処理システムを使用することを備える材料処理の方法を提供する。

【0008】

本発明は、プロセスを特徴づける工程であって、前記特徴づけるとは前記プロセスの特性の識別を備える工程であって、前記特性は、空間コンポーネントの内の少なくとも1つを備える工程と、前記プロセスを最適化する工程であって、前記最適化は基準特性の識別を備える工程と、前記プロセスの前記特性と、前記プロセスに対する前記基準特性とを比較する工程であって、前記比較は、差分の特性の決定と、前記差分の特性と閾値とを比較することによる前記閾値が越えたときに発生するプロセスの欠陥の決定とを備える工程と、を備える。

【0009】

本発明の、上記および他の目的及び利点は、添付図面に従って採用される発明の例示的な実施形態についての以下の詳細な説明から、より明確になると同時により容易に理解される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明の一実施形態によれば、プロセスチャンバ10と、少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータ12を測定および調整するデバイスと、少なくともプロセス性能パラメータ14を測定するデバイスと、コントローラ55とを備える材料処理システム1を図1に示す。コントローラ55は、少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータ12を

測定および調整するデバイスと、少なくとも1つのプロセス性能パラメータを測定するデバイスとに結合される。その上、コントローラ55は、記載すべきプロセスを実施する方法を実行することが可能である。

【0011】

本実施形態において、図1に示す材料処理システム1は、材料処理用のプラズマを利用する。望ましくは、倍量処理システム1は、エッチングチャンバを備える。一方、材料処理システム1は、例えば、フォトリソスト塗布システムなどフォトリソスト塗布チャンバを備える。別の実施形態において、材料処理システム1は、例えば、紫外線(UV)リソグラフィシステムなどのフォトリソストパターン処理チャンバを備える。また別の実施形態において、材料処理システム1は、例えば、スピン・オン・ガラス(spin-on-glass; SOG)システムまたはスピン・オン・ダイエレクトリック(spin-on-dielectric; SOD)システムなど誘電体塗布システムを備える。また別の実施形態において、材料処理システム1は、例えば、化学蒸着(CVD)システムまたは物理蒸着(PVD)システムなどの蒸着用チャンバを備える。さらに別の実施形態において、材料処理システム1は、例えば、熱による焼きなまし用のRTPシステムなどの急速な熱処理(PTP)チャンバを備える。別の実施形態において、材料処理システム1は、バッチ式分散炉を備える。

【0012】

図2に示す本発明の実施形態によれば、材料処理システム1は、プロセスチャンバ10と、基板ホルダ20と、その上に固定される処理対象の基板25と、ガス注入システム40と、真空ポンプシステム50とを備えることができる。例えば、基板25は、半導体基板、ウェハ、または液晶ディスプレイであってもよい。プロセスチャンバ10は、例えば、基板25の表面に隣接した処理領域45にプラズマを発生することを容易にするように構成することができ、加熱された電子と、イオン化可能なガスとの間の衝突を経由してプラズマが形成される。イオン化可能なガス、または各ガスの混合物は、ガス注入システム40経由で導入され、プロセス圧力が調整される。例えば、真空ポンプシステム50をスロットルするには、制御機構(図示せず)を使用することができる。望ましくは、所定の材料プロセスに特有の材料を産み出し、基板25への材料の堆積または基板25の露出表面からの材料の除去のうちの、何れかを支援するのに利用される。

【0013】

例えば、基板25は、ロボット式の基板移送システム経由で、スロットバルブ(図示せず)およびチャンバ供給部(chamber feed-through)(図示せず)を通じてチャンバ10内外に移送されるが、この場合、この基板は、基板ホルダ20の中に収容される基板持ち上げ用のピン(図示せず)によって受け入れられ、その内部に収容されたデバイスによって機械的に変換される。一度、基板25が基板移送システムから受け入れられると、基板ホルダ20の上面に下げられる。

【0014】

望ましくは、基板25は、例えば、静電式クランプシステム28経由で基板ホルダ20に固定することができる。さらにまた、基板ホルダ20は、基板ホルダ20からの熱を受け入れる再循環式の冷却剤の流れを含む冷却システムをさらに含むことができ、熱交換システム(図示せず)に熱を移送し、加熱時には、熱交換システムの熱を移送する。この加熱/冷却システムは、基板25および/または基板ホルダ20の温度を監視するデバイス27をさらに備える。このデバイス27は、例えば、熱電対(例えば、Kタイプ熱電対)、熱電温度計、または光学式熱量計であってもよい。その上、基板25と、基板ホルダ20との間の隙間毎の熱伝導を改良すべく裏側のガスシステム26経由で基板の裏側にガスを供給することができる。このようなシステムは、基板の温度制御が温度の上昇または低下に必要なときに利用することができる。例えば、基板の温度制御は、基板ホルダ20への伝導によって基板25から除去されるプラズマおよび熱流束から基板25に供給される熱流束の均衡によって達成される固定状態での温度を越える温度で有効とすることができる。他の実施形態において、抵抗性加熱素子や、熱電気式ヒーター/クーラーなどの加熱

素子を導入することができる。

【0015】

図2に示す実施形態において、基板ホルダ20は、電極としても機能することができ、この電極を通じて、例えば、処理領域45におけるプラズマにRF(Radio Frequency: ラジオ周波数)電源を結合させる。例えば、基板ホルダ20は、基板ホルダ20へのインピーダンス整合ネットワーク32を通じてRF発生器30からのRFの送信経路でRF電圧で電気的にバイアスされる。このRFバイアスは、電子を加熱する役割を果たすことができ、それにより、プラズマを形成および維持する。この構成において、このシステムは、反応式イオンエッチング(RIE)反応器として動作することができ、該システムにおいて、チャンバおよび上部ガス注入電極は、設置表面として機能する。RFバイアス用の代表的な周波数は、1メガヘルツ~100メガヘルツ(例えば、13.56メガヘルツ)までの範囲とすることができる。プラズマ処理用のRFシステムは、当業者に周知である。

10

【0016】

一方、複数の周波数にて、基板ホルダ電極にはRFが印加される。さらにまた、インピーダンス整合ネットワーク32は、反映された電力を最小化することによって、処理用チャンバ10におけるプラズマに対するRFパワーの移送を最大化する役割を果たす。整合ネットワーク位相(例えば、Lタイプ、 π タイプ、Tタイプなど)と、自動制御方法とは、当業者に周知である。

【0017】

引き続き、図2について説明すると、処理ガス42は、例えば、ガス注入システム40を通じて処理領域45に導入することができる。処理ガス42は、例えば、アルゴン、CF₄、およびO₂などのガスの混合物、あるいは、酸化エッチング適用のためのアルゴン、C₄F₈、およびO₂を備えることができる。ガス注入システム40は、シャワーヘッドを備えることができ、この場合、処理ガス42は、ガス供給システム(図示せず)から処理領域45まで、ガス注入プレナム(図示せず)、一連のバッフル板(図示せず)とマルチオリフィス式シャワーヘッドガス注入板(図示せず)を通じて供給される。ガス注入システムは、当業者に周知である。

20

【0018】

真空ポンプシステム50は、例えば、毎秒5000リットルまでのポンプ速度を実現可能なターボ分子式真空ポンプ(TMP)と、チャンバ圧力のスロットル用のゲートバルブとを含む。ドライプラズマエッチングに利用される従来のプラズマ処理デバイスにおいては、毎秒1000リットル~3000リットルのものが用いられる。TMPは、低圧処理、通常、50mTorr未満の場合に有効である。より高い圧力では、TMPポンプ速度は、急激に落ちてしまう。高圧処理(すなわち、100mTorrより大きい)場合、機械式ブースターポンプと、ドライ粗引きポンプ(dry roughing pump)とを使用することができる。さらにまた、チャンバ圧力を監視するデバイス52がチャンバ10に結合される。この圧力測定チャンバ52は、例えば、MKSインストラメンツ社(MKS Instruments, inc.) (マサチューセッツ州、アンドーヴァ(Andover, MA))による市販のタイプ628Bバرتون絶対容量マノメータとしてもよい。

30

40

【0019】

材料処理システム1は、例えば、エッチングシステム用に、エッチング速度、エッチング選択性(例えば、ある材料のエッチング速度対第2材料のエッチング速度の割合)、エッチング均一性、特性プロファイル角度、臨界寸法などのプロセス性能パラメータを測定すべく測定ツール100をさらに備える。この測定ツール100は、現場デバイスまたは現場外デバイスの何れかであればよい。現場デバイスの場合、測定ツール100は、例えば、プロセスチャンバ10内外に移送される基板25を分析すべく当該移送チャンバ(図示せず)内に位置決めされるターマウェーブ社(Terma-Wave, Inc.) (94539 カリフォルニア州、フレモント、リライアンス・ウェイ、1250 (1250 Reliance Way, Fremont, CA 94539))より市販されるビ

50

ームプロファイル楕円形測定機構およびビームプロファイル反射測定機構を内蔵する散乱計であってもよい。現場外デバイスの場合、測定ツール100は、例えば、走査式電子顕微鏡（SEM）であってもよく、この場合、各基板は、固着され、上記性能パラメータを決定すべく特性が例示される。後者の方法は、基板検査の技術において当業者に周知である。この測定ツールは、プロセス性能パラメータの空間的に解決された測定をコントローラ55に付与すべく、コントローラ55にさらに結合される。

【0020】

コントローラ55は、マイクロプロセッサと、メモリと、材料処理システム1からのモニタ出力のほか、材料処理システム1への入力を通して起動するのに十分な制御電圧を生成することができるデジタル入出力ポートとを備える。さらに、コントローラ55が、RF発生器30、インピーダンス整合ネットワーク32、ガス注入システム40、真空ポンプシステム50、圧力測定デバイス52、裏側ガス供給システム26、基板／基板ホルダ温度測定システム27、静電式クランプシステム28、および測定ツール100に結合され、これらとの情報交換を行う。メモリ内に格納されたプログラムは、格納されたプロセスの製法に従って、材料処理システム1の上記コンポーネントへの入力を起動すべく利用される。コントローラ55の一例としては、テキサス州、ダラスのデル・コーポレーション社（Dell Corporation, Dallas, Texas）により市販されるDELL PRECISION WORKSTATION 610（登録商標）が挙げられる。

【0021】

図3に示す本実施例において、材料処理システム1は、例えば、図1および図2に基づいて記載された、これらのコンポーネントに加えて、プラズマ密度を潜在的に増加させ、および／または、プラズマ処理の均一性を改良するため、機械的または電氣的に回転するdc磁界システム60をさらに備えることができる。さらに、回転速度および磁界強度を制限するため、回転式磁界システム60にコントローラ55が結合される。回転式磁界の設計および実施は、当業者に周知である。

【0022】

図4に示す実施形態において、図1および図2の材料処理システム1は、例えば、インピーダンス整合ネットワーク74を通じてRF発生器72からRFパワーを結合することが出来る上部電極70をさらに備えることができる。この上部電極にRFを印加する場合の代表的な周波数は、10メガヘルツから200メガヘルツ（例えば、60メガヘルツ）までの範囲とすることができる。また、下部電極に電力を印加する場合の代表的な周波数は、0.1メガヘルツから30メガヘルツ（例えば、2メガヘルツ）までの範囲とすることができる。さらに、コントローラ55は、上部電極70へのRFパワーの印加を制御するため、RF発生器72およびインピーダンス整合ネットワーク74に結合される。上部電極の設計と実施は、当業者に周知である。

【0023】

図5に示す実施形態において、図1の材料処理システムは、例えば、インピーダンス整合ネットワーク84を通じてRF発生器82経由でRFパワーが結合される誘電コイル80をさらに備えることができる。誘電コイル80からは、誘電ウィンドウ（図示せず）を通じてプラズマ処理領域45にRFが誘電結合される。誘電コイル80にRFパワーを印加する場合の代表的な周波数は、10メガヘルツから100メガヘルツ（例えば、13.56メガヘルツ）の範囲とすることができる。同様に、チャック電極に電力を印加する場合の代表的な周波数は、0.1メガヘルツから30メガヘルツ（例えば、13.56メガヘルツ）の範囲とすることができる。また、スロット式のファラデーシールド（図示せず）は、誘電コイル80と、プラズマとの間の容量結合を低減すべく使用されうる。一方、コイル80は、変圧器結合プラズマ（transformer coupled plasma; TCP）ソースにおけるような螺旋状のコイルとして、チャンバ10より上に位置決めすることができる。さらに、コントローラ55は、誘電コイル80への電力の印加を制御するためRF発生器82およびインピーダンス整合ネットワーク84に結合される。誘電結合

プラズマ (inductively coupled plasma; ICP) ソースおよび変圧器結合プラズマ (TCP) ソースの設計および実施は、当業者に周知である。

【0024】

一方、上記プラズマは、電子サイクロトロン共鳴 (electron cyclotron resonance; ECR) を使用して形成することができる。さらに別の実施形態において、このプラズマは、ヘリコン波の発生から形成される。さらに別の実施形態において、このプラズマは、拡散する表面波から形成される。上述した各プラズマソースは、当業者に周知である。

【0025】

ここで図1～図5について説明すると、プロセスチャンバ10内に各基板25を処理し、例えば、測定ツール100を利用して、プロセス性能パラメータのいくつかを測定することができる。望ましくは、プロセス性能パラメータとしては、例えば、エッチング速度、堆積速度、エッチング選択性（第2の材料がエッチングされる場合の率に対する第1の材料がエッチングされる場合の率の比率）、エッチング臨界寸法（例えば、特性の長さまたは幅）、エッチング特性異方性（例えば、エッチング特性側壁プロファイル）、膜特性（例えば、膜応力、空隙性）、プラズマ密度（例えば、ラングミュアプローブから得られる）、イオンエネルギー（例えば、イオンエネルギースペクトル解析装置から得られる）、化学種の濃度（例えば、光学式照射スペクトルスコピーから得られる）、温度、圧力、マスク（例えば、フォトレジスト）膜厚さ、マスク（例えば、フォトレジスト）パターン臨界寸法などを含むことができる。例えば、図6.Aは、第1基板25上の位置（ミリメートル、mm）の関数として、エッチング速度（毎分オングストローム、Å/min）の基板スキャンを示す。図中、ゼロ（0）の位置は、基板25の中心に対応し、プラスまたはマイナス（±）100の位置は、例えば、（200mm）基板25の正反対のエッジに対応する。同様に、図7.Aは、エッチング速度の基板スキャン対第2基板25用の基板位置を示す。

【0026】

図6.Aおよび図7.Aにおいて、基板直径の全体的な直径スキャン（エッジ対エッジ）の沿った32のサンプルが採取されるが、一般的には、サンプル数は、任意とすることができ、例えば、Nが2以上の場合は、N個のサンプルが採取される。サンプリング率Rでデータを入力することが必要とされる時間Tは、 $T = N/R$ 、すなわち、 $T = N/R = (32 \text{ サンプル}) / (32 \text{ サンプル}) / (\text{毎秒 } 1000 \text{ サンプル}) = (1 \text{ キロヘルツでの基板両端の } 32 \text{ のサンプリングポイントについて}) 0.032 \text{ 秒}$ として表記することができる。周期Tのデータスキャンについては、第1の空間コンポーネントは、 $f = 1/T$ であり、最高の空間コンポーネントは、 $f_{max} \leq 1/2\Delta$ を満足しなければならず、その場合 $\Delta = T/N$ である。従って、上記の例において、 $f = 1/T = R/N = 31.25 \text{ ヘルツ}$ および $f_{max} = 1/2\Delta = R/2 = 500 \text{ ヘルツ}$ である。

【0027】

一般的に、上述したとおり、データスキャンは、スペクトル空間内に操作することができると共に、直交コンポーネント一式によって表示することができる。例えば、このサンプルは、時間（または空間）的に同等に離間され、当該スキャンが周期的であると仮定すれば、データスキャンは、個々のデータのフーリエ変換の適用に直接適用でき、物理スペースからフーリエ（スペクトル）空間にデータを変換する。さらに、当該サンプルが時間（または空間）において非均等に離間される場合には、そのデータの処理方法が複数存在する。これらの方法は、データ処理技術に精通した当業者に周知である。当該データのフーリエ連続表示を使用するとき、この空間コンポーネントは、例えば、フーリエ調波となる可能性がある。その上、サンプリング周期Tが相対的に小さい場合（時間内のデータスキャンの変化に対して小さく、基板処理中に現場モニタする場合にのみ適用可能な場合）、フーリエスペクトルは、波数スペクトルとして見なすことができ、最小および最大空間コンポーネントは、最小および最大波数（または、それぞれ最大および最小波長）と呼ばれることができる。

【0028】

図6.Bは、図6.Aに示すデータスキャン用の各空間コンポーネントの振幅（例えば、 $f_n = n/N\Delta$ 、 $n=1$ 、 $N/2$ ）を示す。また同様に、図7.Bは、図7.Aに示すデータスキャン用の各空間コンポーネントの振幅（例えば、 $f_n = n/N\Delta$ 、 $n=1$ 、 $N/2$ ）を示す。通常、以下の観察を行うことができる。すなわち、（1）第1空間コンポーネント（ f_1 ）は、最大の大きさを有し、当該データスキャンにおける各ポイントからの寄与を示す（従って、全てのポイントは、互いに独立しており、最長波長となる。）；および（2）最高空間コンポーネント（ $f_{N/2}$ ）は、通常、最小の大きさを有し、当該データスキャンにおける各ポイントを別々に表示する（従って、全てのポイントは、互いに独立しており、最短波長となる）。また、エッチング速度プロファイル内のわずかな変化（例えば、図6.Aおよび図7.A）は、スペクトル空間における空間コンポーネント（例えば、図6.B対図7.B）によって記載される特性に関する影響が顕著になる。

10

【0029】

従って、空間コンポーネントの特性（スペクトル）における変化は、観察されたスペクトルシフトに導く各プロセス変化が、基板に関して大域的または局所的に発生しているかどうかを示すことができる。要約すると、低位空間コンポーネント（すなわち、 f_1 、 f_2 、 f_3 、...）の振幅における変化は、基板25より上にある処理パラメータの大域的な変化を反映し、高位空間コンポーネント（すなわち、 $f_{N/2-2}$ 、 $f_{N/2-1}$ 、 $f_{N/2}$ ）の振幅は、基板25より上にある処理パラメータの局所的な変化を反映する。

20

【0030】

例えば、圧力またはRFパワーにおける変化（例えば、処理圧力における増加またはRFパワーにおける低下）は、空間コンポーネントの特性に関して大域的な影響を与えると思われるため、主に下位コンポーネントに影響を与える。図8.Aは、空間コンポーネントの特性に関するチャンバ圧力と、その影響を増強する例を示す一方、図8.Bは、それぞれの差分についての特性を示す。同様に、図9.Aは、空間コンポーネントの特性に関するチャンバ圧力と、その影響を増強する例を示す一方、図9.Bは、（RFを低減するための）それぞれの差分についての特性を示し、図9.Cは、RFパワーを増加させるための、対応する差分に関する特性を示す。各差分についての特性は、各種プロセス変更（すなわち、プロセス圧力における上昇または減少、RFにおける上昇または減少、プロセスガスの質量流量における上昇または減少）についての異なった空間特性（例えば、「指紋」）を付与する。

30

【0031】

材料処理システム1において実施される各プロセスは、その空間コンポーネントの特性によって特徴づけることができ、空間コンポーネントの特性に関するプロセスの均一性の影響を評価することができる。図10.Aは、不均一のプロセス用の空間特性を示す一方、図10.Bは、均一なプロセス用の空間特性を示す。明らかに、プロセスの均一性は、各空間コンポーネントの大きさにおける全体的な低減に直接対応させることができる。

【0032】

例えば、基板に関するエッチング速度のスキャンから得られる空間コンポーネントの、制御可能なプロセスパラメータと、スペクトルとの間の関係が存在するため、全ての空間コンポーネントの大きさを最小化し、従って、均一なプロセスを産み出すため、空間コンポーネントの差分は、線形重ね、すなわち、追加および減算処理を行うことが考えられる。多変量解析を利用した制御可能なプロセスパラメータと、空間コンポーネントとの間の対応を確立する方法については、ここでは変数の正しい組み合わせを決定して均一なプロセスを産み出すために記載される。

40

【0033】

図11に付与される表は、制御可能なプロセスパラメータにおける12個の変数についての最初の16個のコンポーネントを通じて各空間コンポーネントの振幅における相対的な変化を示す。この制御可能なプロセスパラメータは、例えば、（1）プロセス圧力における増加と、（2）プロセス圧力における減少と、（3）（ヘリウム）の裏側のガス圧に

50

おける上昇と、(4) (ヘリウム) の裏側のガス圧における減少と、(5) CF_4 分圧における上昇と、(6) CF_4 分圧における減少と、(7) RFパワーにおける上昇と、(8) RFにおける減少と、(9) 基板温度における上昇と、(10) 基板温度における減少と、(11) 12mmフォーカスリングの使用と、(12) (通常の16mmフォーカスリングでなく) 20mmフォーカスリングの使用を含む。上記の制御可能なプロセスパラメータ例の各々は、図1～図5に基づいて測定可能であり、調整可能である。圧力測定デバイス52に関して、例えば、ゲート値の設定またはプロセスガス質量の総流量における変化の何れかを使用したプロセス中にプロセス圧力の調整およびモニタ処理が行える。順方向および反射されたRFパワーは、RF発生器30 (図2) と、整合ネットワーク32 (図2) と、2重方法カップラー (図示せず) と、電力計 (図示せず) へのコマンドを使用して調整およびモニタすることができる。10 CF_4 分圧は、 CF_4 ガスの流れを調節すべく、質量流量コントローラを使用して調整およびモニタすることができる。(ヘリウム) 裏側ガス圧は、圧力調節器を含む裏側ガス供給システム26を使用して調整およびモニタすることができる。また、基板温度は、温度監視システム27を使用してモニタすることができる。

【0034】

別の実施形態において、制御可能なプロセスパラメータとしては、膜材料粘度と、膜材料基板張力、照射時間、フォーカス深さなどを含むことができる。

【0035】

引き続き、図11の表について説明すると、データマトリクスXとしては、コントローラ55上でデータをデジタルで記録および格納することができ、図中、マトリクスX (以後マトリクスとしてX、E、T等を記載をするが、マトリクスを意味する各表記の上にバーを付し、数式(1)、(2)、(3)の様に表記するべきであるが、本文中での文章ではバーを付記せずに表記するものとする) における各列は、制御可能なプロセスパラメータにおける任意の変数 (図11の表における列) に対応し、マトリクスXにおける各行は、特定の空間コンポーネントに対応する。ゆえに、図11におけるデータから組み立てられたマトリクスXは、16×12の寸法、より一般的にはm×nの寸法を有する。このデータが、一度マトリクス内に格納されると、所望に応じて、このデータは平均中央化され、および/または正規化される。マトリクス列において格納されたデータの中央化としては、列素子の平均値の計算、および、各素子からの平均値の減算が挙げられる。さらに、マトリクス列に常駐するデータは、列内のデータの標準偏差によって正規化することができる。ここでは、以下のセクションでは、制御可能なプロセスパラメータにおける変数が、空間コンポーネントのスペクトル特性に寄与する程度を決定する方法を議論する。30

【0036】

制御可能なプロセスパラメータにおける変数と、空間コンポーネントとの間の相互関係を決定するため、マトリクスXは、多変量解析を行う。一実施形態において、下位寸法プラス誤差マトリクスE、v i zのマトリクス積 (TP^T) によりマトリクスXを概算することにより、マトリクスX内の対応構造を発生させるのに用いられる。

【数1】

$$\overline{X} = \overline{TP^T} + \overline{E}, \quad (1)$$

40

【0037】

式中、Tは、X変数と、Pとは、X変数の影響を示すスコアの(m×p)マトリクスであり、Pは、その変数の影響を示す負荷の(n×p、この場合p≤n)マトリクスである。

【0038】

一般的に、負荷マトリクスPは、Xの共変量マトリクスの固有ベクトルを備えるべく示され、この場合、共変量Sは、以下の通りに示される。

【数 2】

$$\bar{S} = \bar{X}^T \bar{X}. \quad (2)$$

【0 0 3 9】

共変量マトリクス S は実数の対称型マトリクスであるため、以下の通り記載される。

【数 3】

$$\bar{S} = \bar{U} \Lambda \bar{U}^T, \quad (3)$$

10

【0 0 4 0】

式中、実数の対称型マトリクス U は、列としては正規化された固有ベクトルを備え、Λ は、対角線に沿った各固有ベクトルに対応する固有値を備える対角線マトリクスである。式 (p = n の完全マトリクスについては、誤差マトリクスはない) 等式 (1) および (3) を使用して、以下のように示すことができる。

【数 4】

$$\bar{P} = \bar{U} \quad (4)$$

20

【0 0 4 1】

および

【数 5】

$$\bar{T}^T \bar{T} = \bar{\Lambda}. \quad (5)$$

30

【0 0 4 2】

上記固有値の結果として、各固有値は、n 次元空間内の対応固有値の方向にデータの変数を示す。ゆえに、最大の固有値は、n 次元空間内の最大変数に対応する一方、最小固有値は、データ内の最小変数を示す。定義により、全ての固有値は直交するので、第 2 の最大固有値は、第 1 の固有ベクトルの方向に対して、もちろん法線となる対応固有ベクトルの方向にデータにおける第 2 の最大変数に対応する。一般的に、このような解析の場合、データを概算すべく最初の 3 ~ 4 個の最大固有値が選ばれ、この概算の結果、誤差 E は、式 (1) における表示に導入される。要約すると、固有値一式と、それらに対応する固有ベクトルが決定されると、最大固有値一式を選ぶことができ、式 (1) の誤差マトリクス E を決定することができる。

【0 0 4 3】

PCA モデリングに対応する市販のソフトウェアの一例としては、SIMCA-P 8.0 が挙げられる。更なる詳細については、ユーザ・マニュアル (SIMCA-P 8.0 のユーザ・ガイド：多変量データ解析の新規格。ユメトリクス AB、バージョン 8.0、1999 年 9 月 (User Guide to SIMCA-P 8.0: A new standard in multivariate data analysis, Umetrics AB, Version 8.0, September 1999))。このマニュアルの内容は、参照によりここに組み込まれる。例えば、図 11 のデータと共に SIMCA-P 8.0 を使用すると、X における各変数と、コンポーネント毎の X における各変数の総変数を記載すべく、各コンポーネントの能力に関する追加の情報だけでなく、スコアマトリク

50

スTと、負荷マトリクスPを決定することができる。図12は、最初の3つの主要コンポーネントについて抽出された主要コンポーネントによって説明される、Xにおける変数の全ての平方根 $R^2X(cum.)$ の累計と、前期最初の3つの主要コンポーネントについて抽出された主要コンポーネントによって予測することができるXにおける各変数の総変数の累計とを示す。

【0044】

図13.Aは、図11のデータ例の場合のt(1)、t(2)空間における各空間コンポーネントについてのスコアを示す。また図13.Bは、図11のデータ例の場合のp(1)、p(2)空間における各変数についての負荷を示す。t(1)-t(2)空間における図13.Aのデータは、データ中心からの分散の測定を通じてデータの変性を表示する。10
 図中、特に、コンポーネント1および2は、ホテリングT²(5%)楕円の外側に常駐すべく示される。この結果は、図13に示すような第1および第2の主要コンポーネントを調査し、さらにコンポーネント3および4も考慮すべきであることが示している。図13.Bからは、空間コンポーネントの大きさの低減につながる制御可能なプロセスパラメータにおける変化により、冷却ガス圧(すなわち、ヘリウム裏側圧力)の上昇、基板ホルダ温度の減少、プロセス圧の減少、RFパワーの減少、および20mmフォーカスリングの利用の可能性が潜在的にあるといえる。

【0045】

さらに、図14.Aは、図11のデータ例の場合のt(1)、t(3)空間における各空間コンポーネントについてのスコアを示し、図14.Bは、図11のデータ例の場合のp(1)、p(3)空間における各変数についての負荷を示す。図14.Aおよび図14.Bの解析からは同様の結論が導き出せるので、この空間コンポーネントの低減を発生させるための、この解析の結果については、図15の表に要約する。20

【0046】

図11のデータに関連して、図15に要約された多変量解析を利用すれば、図16.Aの表に示す、より管理可能なデータ式に図11のデータ式を低減することができる。図16.Aの表と、図6.Aおよび6.Bに示す(ベースライン)特性から、図16.Bは、多変量解析に従った測定された特性(ベースライン条件)と、校正用の(減算された条件)特性を示し、図16.Cは、一度、校正用の(減算された)特性が測定された特性から除去された場合の差分についての特性を示す。図16.Cの差分についての特性に影響す30
 べく、多変量解析の要領に続く制御可能なプロセスパラメータの調整後、プロセス性能パラメータについてのデータスキャンの空間的均一性の改良は、図17において名目上測定されたデータのスキャンに関して達成され、示される。図17において、この均一性は、一定以上の規模(例えば、5%~0.5%)によって改良される。

【0047】

別の実施形態において、前記制御可能なパラメータと、プロセス性能パラメータの空間コンポーネントとの間の関係を決定するための多変量解析の実施は、実験計画(design of experiment; DOE)などの方法により完遂することができる。DOE方法は、実験計画に熟練した当業者に周知である。

【0048】

ここで、図18.Aについて説明すると、本発明の一実施形態に従った材料処理システムを特徴づける方法を示す。この方法500は、ステップ510から始まるフローチャートとして記載され、図中、材料処理システム内で行われるプロセスに関連する制御可能なプロセスパラメータが変更される。この材料処理システムにおいて実行されるプロセスは、例えば、図1~図5に記載されるもののうちの1つなど、材料処理システムを使用して基板を処理する行為となる。ステップ520では、基板より上の、例えば、2つ以上のポイントにおける、上述されるようなプロセス性能パラメータ(PPP)(すなわち、エッチング速度、堆積速度など)を備えるデータのスキャンが測定および記録される。ステップ530では、スペクトル空間内に、このデータスキャンを変換する。ステップ540では、材料処理システムの特徴づけは、1つ以上の空間コンポーネントを使用してプロセス50
 40

性能パラメータのプロセス特性を識別することにより実行される。その後、ステップ550では、例えば、データマトリクス内の列として、データマトリクス内にプロセス特性を記録することができる。

【0049】

ステップ560では、追加の制御可能なプロセスパラメータを変更すべきがどうかについての決定が行われる。材料処理システムをさらに特徴づけるため、ステップ510～540が繰り返され、この材料処理システムにおいて実行されたプロセスに関連する追加の制御可能なプロセスパラメータが変更され、プロセス性能パラメータの測定を備える追加のデータスキャンが測定され、追加の数の空間コンポーネントが、追加のデータスキャンの変換から決定され、追加の数の空間コンポーネントを備える追加のプロセス特性を含むことにより材料処理システムが、再び特徴づけられる。さらにまた、以前同様、プロセス特性を、ステップ550における追加のマトリクスの列に格納することができる。

【0050】

ステップ570では、データマトリクスに組み付けられたデータは、制御可能なプロセスパラメータの変数と、空間コンポーネントとの間の相互関係を決定するために、多変量解析を利用してさらに処理を行うことができる。多変量解析の例としては、上述した主要コンポーネント分析（PCA）と、実験計画（DOE）とがある。

【0051】

ここで、図18.Bについて説明すると、材料処理システムにおけるプロセスを最適化する方法について記載している。この方法では、材料処理システムにおいて実施される任意のプロセスについて最適と考えられる基準特性を得ることができる。制御可能なパラメータの変数と、空間コンポーネントとの間の相互関係を利用して、ステップ610における少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータを調整することによってプロセスを調整する。ステップ620、630、および640では、プロセス性能パラメータに対応するデータのスキャンが測定され（ステップ620）、このデータスキャンは、多数の空間コンポーネントを形成すべく、スペクトル空間内に変換され（ステップ630）、その結果、プロセス特性が確認される（ステップ640）。この確認ステップ640では、プロセス特性の最適化が成功したかどうか決定すべく、プロセス特性が評価される。例えば、最適なプロセスが均一なプロセスであれば、この最適化されたプロセス特性が、その空間コンポーネント各々についての最小の振幅を備えるはずである。確認ステップ640が、最適化が成立したことを示す場合、多変量解析は、ステップ650では変更されず、材料処理システムにおけるプロセスについての基準特性が、ステップ660で得られる。この確認ステップ640が、最適化が不成立であることを示す場合、多変量解析を変更することができ、図18.Aに記載の一連のステップを再び実行することができる。

【0052】

ここで、図18.Cについて説明すると、材料処理システムにおけるプロセスを改良するための方法700について記載している。ステップ710では、プロセス特性と、制御可能なプロセスパラメータとの間の関係が決定される。この関係は、例えば、データ検査、すなわち上述した多変量解析のうちの何れか（ちなみに、PCA、DOEなど）を使用して決定することができる。ステップ720では、プロセスを改良するかどうかについての決定が行われる。この改良としては、例えば、プロセス性能パラメータの均一性を改良することが含まれる。このような場合、プロセス特性における少なくとも1つの空間コンポーネントの振幅を最小化し、あるいは基準特性（図18.B）からのプロセス特性（図18.A）の減算値から形成された差分についての特性を最大化するため、当該プロセスを変更することが有利となる。改良の必要がないと考えられる場合、プロセス製法およびプロセス特性を含むプロセスデータ全てをステップ730に記録する。何らかの改良が必要と考えられる場合、ステップ740での、少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータの変数を使用して当該プロセスを改良する。ステップ750では、当該方法を終了させるべきかどうかについての決定が行われる。そうでなければ、次のプロセス（例えば、次の基板、次のバッチ処理など）を行うことができる。

【0053】

本願発明の実施の形態による方法は図18、Dにより示される。前記方法800はステップ810で始まるフローチャートで示される。ここで測定されたプロセス特性（図18、A）は基準特性（図18、B）と比較され、そして差分の特性は、測定されたプロセス特性と前記基準特性との間の差分としてコンピュータで計算される。前記基準特性は、前記プロセスもしくは先の基板に対して得られた特性に対して決定された理想の特性と出来る。例えば、前記基準特性はプロセス均一性に対する空間コンポーネントの理想のスペクトルを構成することが出来た。仮に前記差分の特性は閾値を越え、プロセス欠陥は検出され、そしてオペレータは知ることが出来る。プロセス欠陥の検出により、警告（アラーム）はステップ820でトリガーとなり得、そしてメッセージはステップ830でオペレータに送信出来る（ローカルリモートのどちらでも）。 10

【0054】

1つの実施形態として、どれか1つの空間コンポーネントに対して前記差分の特性が、前記空間コンポーネントに対する基準値の一部を超えると、前記閾値を越える。例えば、前述のわずかな偏差が20%を上回るとき、オペレーターはプロセス欠陥の可能性を実行するために待機態勢を取る。欠陥アラームは、予防保守のために要求を示すことがありえる、例えばチャンバクリーニング、消耗品交換または不完全なプロセスの場合がある。実際、オペレータへの通知は使用される、例えば、10%のわずかな偏差はオペレータに警告を通知でき、15%のわずかな偏差は、オペレータに予防的な保全スケジュールリングに導き、そして20%のわずかな偏差は緊急注意のために非常通知に至ることができる（同様に、プログラムされた偏差は、故障している装置の自動運転停止を引き起こすようにプログラムされさえするかもしれない）。図1ないし図5のコントローラ55は集積回路（IC）製造工場インターネットを通じ、工場のオペレータそして／もしくは工場の中に設置された装置サプライヤーのサーバに知らせるため（通知はインターネットを介し、装置サプライヤーオフサイトに送信されるかもしれない）に、集中制御された工場サーバに接続され得る。 20

【0055】

他の実施形態として、前記差分の特性を備える前記空間コンポーネントの総和が、前記基準特性を備える前記空間コンポーネントの総和の偏差を越えると、前記閾値は越える。例えば、たとえば、前述のわずかな偏差が20%を上回るとき、オペレータはプロセス欠陥の可能性を実行するために待機態勢を取る。 30

【0056】

ステップ820で警告を送り出すべきかどうかに関する、意思決定がされた後、意思決定が、ステップ840でプロセスを改善すべきかどうかされ得る。仮に改良が必要でないならば、プロセスレシビ、空間コンポーネント、その他を含んでいる全てのデータはステップ850で記録されることができる。仮に改良が必要であると考えられるならば、前記差分の特性と少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータの間の関係はステップ860で決定されることができ、そして、改良はステップ870で少なくとも1の制御可能なプロセスパラメータの調整を通してなされる。ステップ880で、プロセスは終了されるかどうかの決定がされる。もし、そうでなければ、次のプロセスか、もしくは新しいプロセスは図18、Aの引用に戻り、実行され得る。 40

【0057】

本明細書に記載の各実施形態では、1次元のデータスキャンが、空間コンポーネント一式を決定すべく利用されていた。別の実施形態では、このデータスキャンは、例えば、少なくとも2次元のスキャンデータなど多次元であってもよい。

【0058】

以上、本発明の実施例に限定して説明してきたが、本発明の新規の教示および利点から実質的に逸脱しない限り、例示される実施形態では多くの変形が可能であることは当業者に容易に理解される。従って、このような変形は全て、本発明の範囲内に包含されること意図している。

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図1】 本発明の好ましい実施形態による材料処理システムを示す。

【図2】 本発明の別の実施形態による材料処理システムを示す。

【図3】 本発明の別の実施形態による材料処理システムを示す。

【図4】 本発明の別の実施形態による材料処理システムを示す。

【図5】 本発明のさらに別の実施形態による材料処理システムを示す。

【図6. A】 第1のエッチング速度プロファイルのデータスキャンを示す。

【図6. B】 図6. Aのデータスキャンについての空間コンポーネントのスペクトルを示す。 10

【図7. A】 第2のエッチング速度プロファイルのデータスキャンを示す。

【図7. B】 図7. Aのデータスキャンについての空間コンポーネントのスペクトルを示す。

【図8. A】 プロセス圧力における増加から発生した空間コンポーネントのスペクトルの比較を示す。

【図8. B】 図8. Aのデータについての異なったスペクトルを示す。

【図9. A】 RFパワーにおける減少から発生した空間コンポーネントのスペクトルの比較を示す。

【図9. B】 図9. Aのデータについての異なったスペクトルを示す。

【図9. C】 RFパワーにおける上昇について異なったスペクトルを示す。 20

【図10. A】 不均一なエッチング速度についての空間コンポーネントのスペクトル例を示す。

【図10. B】 均一なエッチング速度についての空間コンポーネントのスペクトル例を示す。

【図11】 制御可能なプロセスパラメータにおける変化があった場合の空間コンポーネントにおける変化についての表の一例を示す。

【図12】 3つの原理コンポーネントについての平方根の合計に対する累積平方根の総計および累積変化の総計のプロット例を示す。

【図13. A】 図11のデータ例がある場合の $t(1)$ 、 $t(2)$ 空間における各空間コンポーネントに対応するスコアを示す。 30【図13. B】 図11のデータ例がある場合の $p(1)$ 、 $p(2)$ 空間における各変量の負荷を示す。【図14. A】 図11のデータ例がある場合の $t(1)$ 、 $t(3)$ 空間における各空間コンポーネントに対応するスコアを示す。【図14. B】 図11のデータ例がある場合の $p(1)$ 、 $p(3)$ 空間における各変量の負荷を示す。

【図15】 図13. A、13. Bおよび14. A、14. Bにおいて提供されるデータを総計した表の一例を示す。

【図16. A】 図11において提供される表の一連のデータを低減したものについての空間コンポーネントの表を示す。 40

【図16. B】 図6. A、6. Bのデータに従った空間コンポーネントとスペクトルと、図16. Aのデータに従った空間コンポーネントのスペクトルを示す。

【図16. C】 図16. Bのスペクトルから得られた差分のスペクトルを示す。

【図17】 図6. A、6. Bのデータに従った第1エッチングプロファイルのデータスキャンと、図16. Cのデータに従った第2エッチングプロファイルのデータスキャンを示す。

。

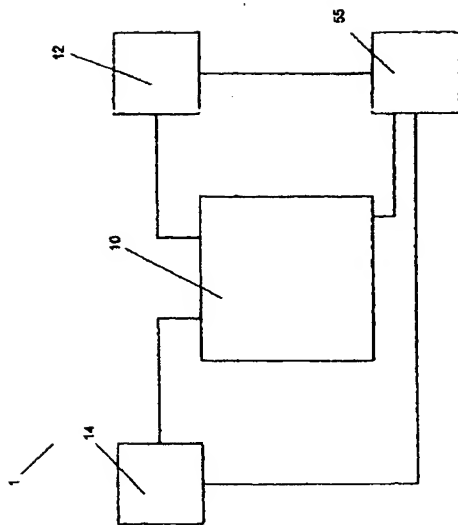
【図18. A】 本発明に従った方法の流れ図を示す。

【図18. B】 本発明に従った別の方法の流れ図を示す。

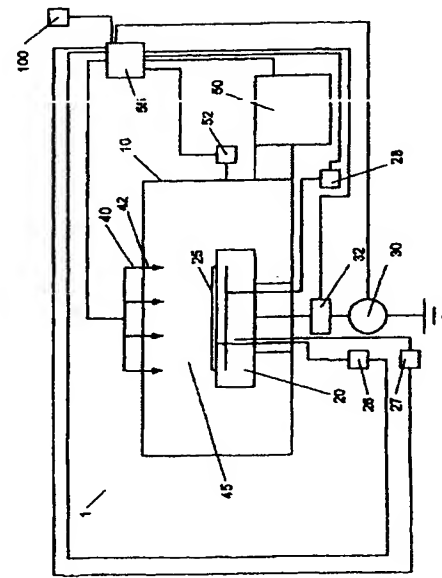
【図18. C】 本発明に従った、もう1つ別の方法の流れ図を示す。

【図18. D】 本発明に従った、もう1つ別の方法の流れ図を示す。 50

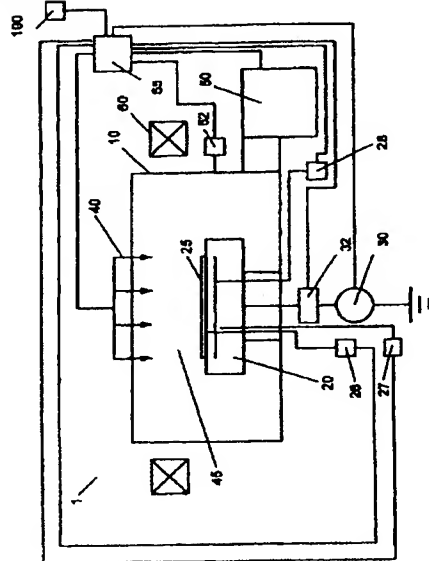
【図 1】



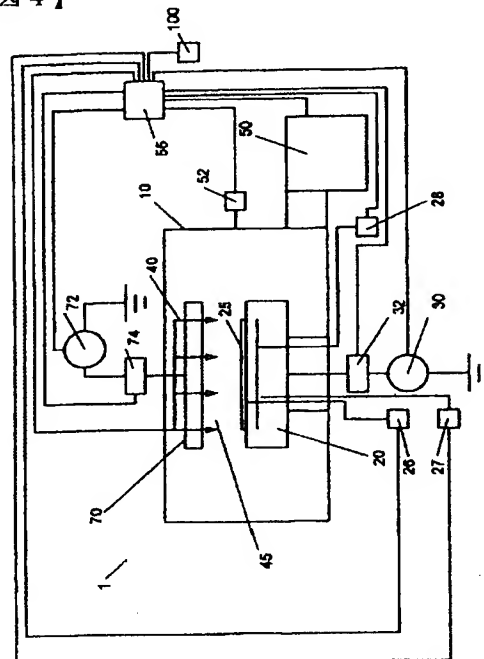
【図 2】



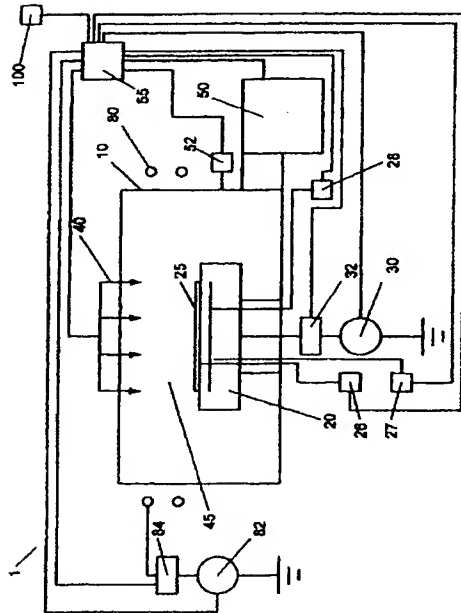
【図 3】



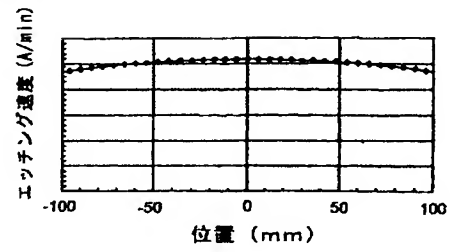
【図 4】



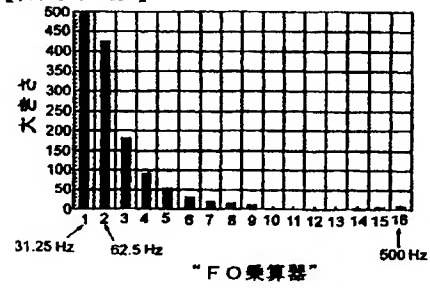
【図 5】



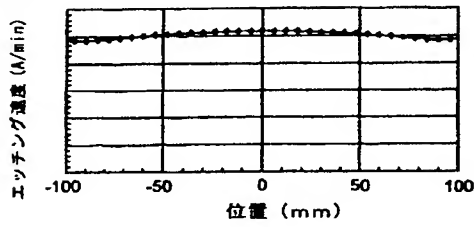
【図 6. A】



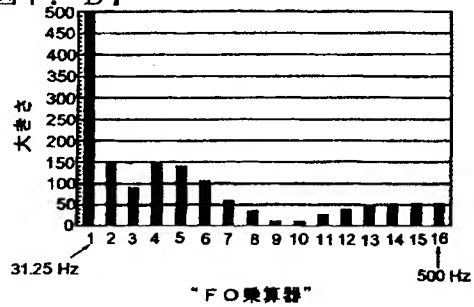
【図 6. B】



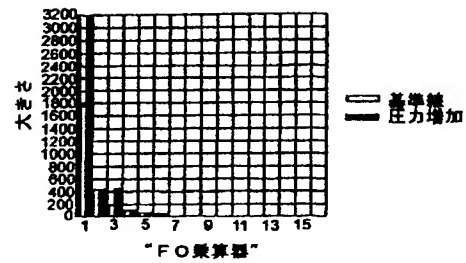
【図 7. A】



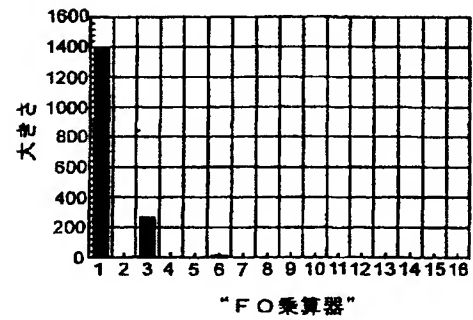
【図 7. B】



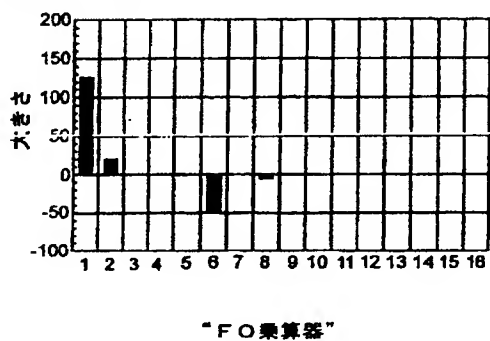
【図 8. A】



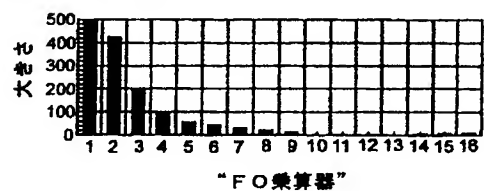
【図 8. B】



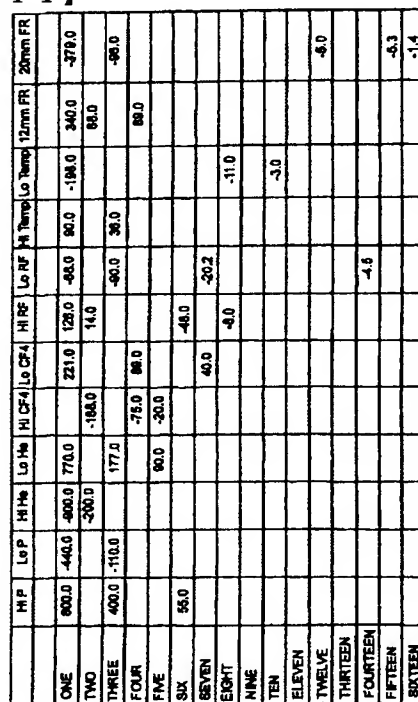
【図 9. C】



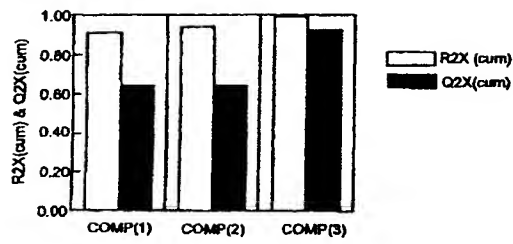
【図 10. A】



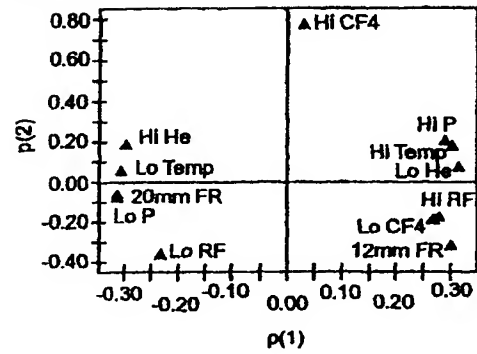
【図 11】



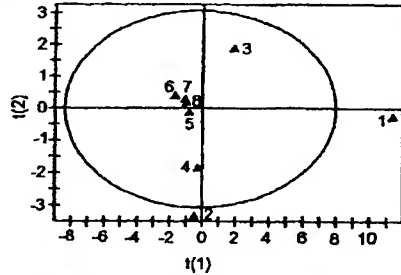
【図 12】



【図 13. B】

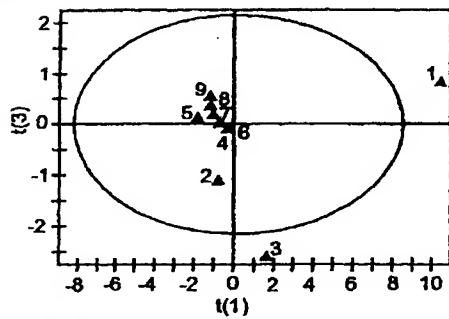


【図 13. A】



楕円: ホテリング T2 (0.05)

【図 14. A】

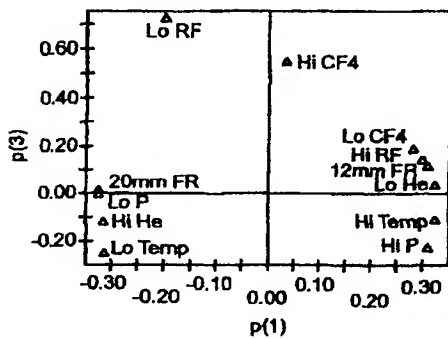


楕円: ホテリング T2 (0.05)

【図 15】

| f_1 | f_2 | f_3 | f_4 |
|----------|-------|--------|--------|
| Hi He | Lo RF | Hi CF4 | Hi CF4 |
| Lo Temp | | | |
| Lo Press | | | |
| 20mm FR | | | |
| Lo RF | | | |

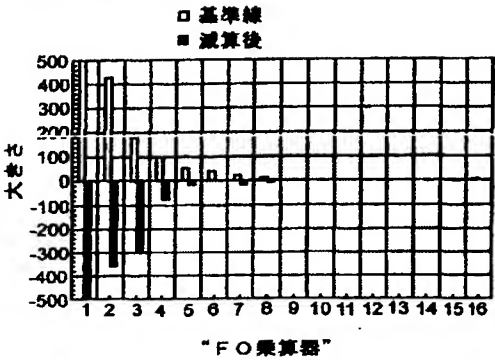
【図 14. B】



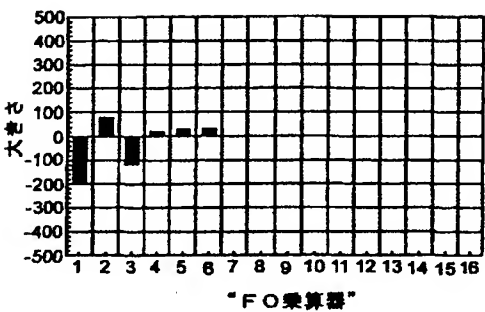
【図16. A】

| | Lo P | Hi He | Hi CF4 | Lo RF | Lo Temp | 20mm FR | Sum |
|----------|--------|--------|--------|-------|---------|---------|---------|
| ONE | -440.0 | -800.0 | | -80.0 | -100.0 | -370.0 | -1985.0 |
| TWO | | -200.0 | -100.0 | | | | -300.0 |
| THREE | -110.0 | | | -80.0 | | -81.0 | -269.0 |
| FOUR | | | -75.0 | | | | -75.0 |
| FIVE | | | -20.0 | | | | -20.0 |
| SIX | | | | -20.2 | | | 0.0 |
| SEVEN | | | | | | | -20.2 |
| EIGHT | | | | | -11.0 | | -11.0 |
| NINE | | | | | | | 0.0 |
| TEN | | | | | -3.0 | | -3.0 |
| ELEVEN | | | | | | | 0.0 |
| TWELVE | | | | | | -1.0 | -1.0 |
| THIRTEEN | | | | | | | 0.0 |
| FOURTEEN | | | | -4.5 | | | -4.5 |
| FIFTEEN | | | | | | -5.3 | -5.3 |
| SIXTEEN | | | | | | -1.4 | -1.4 |

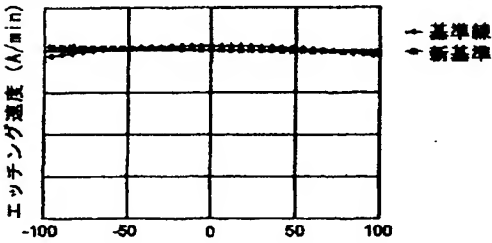
【図16. B】



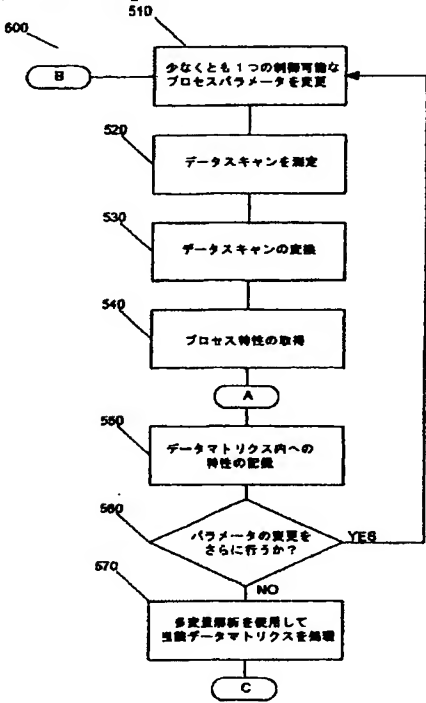
【図16. C】



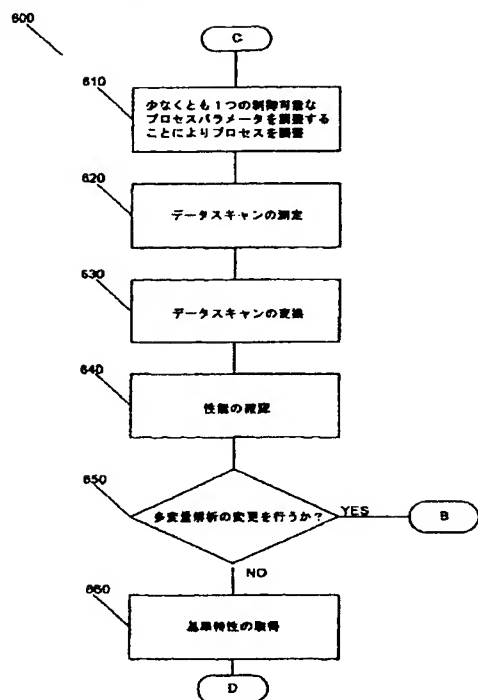
【図17】



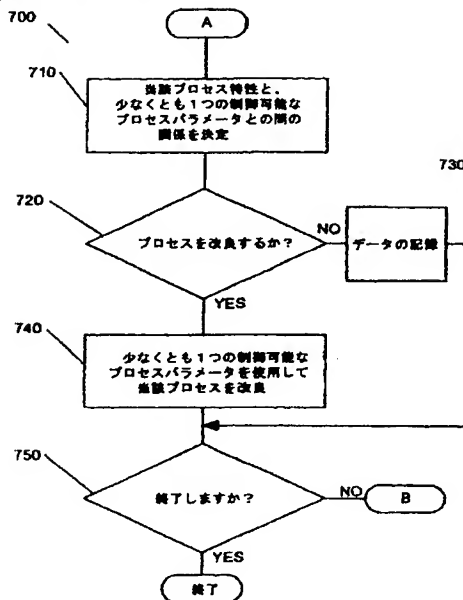
【図18. A】



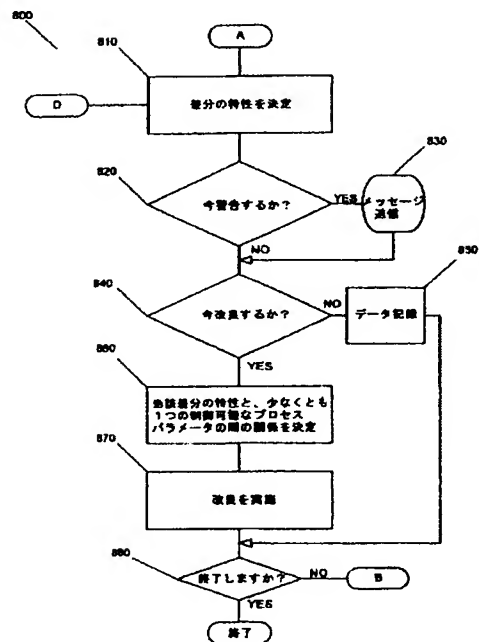
【図18. B】



【図18. C】



【図18. D】



【国際調査報告】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | | International application No. PCT/US02/36980 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|---|--|---|--|--|---|--|--|---|---|---|--------------------------------------|---|--|---|----------------|---|---|--------------------|---|--|--|---|--|---|---|--|------|--|------------------------|--|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7) : H01L 21/30H; C23F 1/00; B05C 11/00; C23C 11/32 US CL : Please See Extra Sheet. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 304/194.13, 218.03; 156/315.25, 315.26, 345.27, 345.28; 216/50, 60, 61; 427/8, 9, 10; 118/663, 664, 665 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) NONE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>US 6,232,134 B1 (FARBER et al) 15 May 2001, See Abstract, Column 3 lines 9-68; Column 4 lines 1-51; Column 6 lines 44-68;</td> <td>1-4, 10-16, 19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Column 7 lines 1-17, lines 57-68; Column 8 lines 1-41; Column 9</td> <td>6-9, 17, 18, 20-22</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>lines 11-35; Column 10 lines 21-45; Column 11 lines 45-68; Column</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>12 lines 1-7; Column 12 lines 41-46.</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 5,711,849 A (FLAMM et al) 27 January 1998, See Abstract;</td> <td>1-4, 10-16, 19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Column 5 lines 16-37; Column 7 lines 22-41; Column 8 lines 44-61.</td> <td>6-8, 17, 18, 20-22</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5,786,023 A (MAXWELL et al) 28 July 1998, See Abstract;</td> <td>1-22</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Column 12 lines 35-68.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. | X | US 6,232,134 B1 (FARBER et al) 15 May 2001, See Abstract, Column 3 lines 9-68; Column 4 lines 1-51; Column 6 lines 44-68; | 1-4, 10-16, 19 | Y | Column 7 lines 1-17, lines 57-68; Column 8 lines 1-41; Column 9 | 6-9, 17, 18, 20-22 | Y | lines 11-35; Column 10 lines 21-45; Column 11 lines 45-68; Column | | A | 12 lines 1-7; Column 12 lines 41-46. | 5 | X | US 5,711,849 A (FLAMM et al) 27 January 1998, See Abstract; | 1-4, 10-16, 19 | Y | Column 5 lines 16-37; Column 7 lines 22-41; Column 8 lines 44-61. | 6-8, 17, 18, 20-22 | Y | | | A | | 5 | A | US 5,786,023 A (MAXWELL et al) 28 July 1998, See Abstract; | 1-22 | | Column 12 lines 35-68. | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | US 6,232,134 B1 (FARBER et al) 15 May 2001, See Abstract, Column 3 lines 9-68; Column 4 lines 1-51; Column 6 lines 44-68; | 1-4, 10-16, 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y | Column 7 lines 1-17, lines 57-68; Column 8 lines 1-41; Column 9 | 6-9, 17, 18, 20-22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y | lines 11-35; Column 10 lines 21-45; Column 11 lines 45-68; Column | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 12 lines 1-7; Column 12 lines 41-46. | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X | US 5,711,849 A (FLAMM et al) 27 January 1998, See Abstract; | 1-4, 10-16, 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y | Column 5 lines 16-37; Column 7 lines 22-41; Column 8 lines 44-61. | 6-8, 17, 18, 20-22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Y | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | US 5,786,023 A (MAXWELL et al) 28 July 1998, See Abstract; | 1-22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Column 12 lines 35-68. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>* Special categories of cited documents:</th> <th>"I"</th> <th>Later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"X"</td> <td>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier document published on or after the international filing date</td> <td>"Y"</td> <td>document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td> </tr> <tr> <td>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reasons (as specified)</td> <td>"A"</td> <td>document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, e.g., exhibition or other means</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | * Special categories of cited documents: | "I" | Later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention | "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone | "E" earlier document published on or after the international filing date | "Y" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art | "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reasons (as specified) | "A" | document member of the same patent family | "O" document referring to an oral disclosure, e.g., exhibition or other means | | | "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Special categories of cited documents: | "I" | Later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "X" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "E" earlier document published on or after the international filing date | "Y" | document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reasons (as specified) | "A" | document member of the same patent family | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "O" document referring to an oral disclosure, e.g., exhibition or other means | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Date of the actual completion of the international search 24 MARCH 2003 | | Date of mailing of the international search report 03 APR 2003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20531 Facsimile No. (703) 305-3230 | | Authorized officer RODNEY MCDONALD <i>[Signature]</i> Telephone No. (703) 308-3807 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US02/38989

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | US 5,009,485 A (HALL) 23 April 1991, See Abstract, Column 15 lines 4-52; Column 16 lines 1-17. | 1-22 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US04/00000

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

US CL :

204/102.15, 208.05; 156/345.25, 345.26, 345.27, 345.32; 210/30, 60, 61; 427/8, 9, 10; 118/663, 664, 665

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ, QW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE, ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,ME,MK,MN,MW,MX,M Z,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ドノヒュー、ジョン

アメリカ合衆国、オレゴン州 97123、ヒルスボロ、ビー・オー・ボックス 3712

(72)発明者 ユー、ホンギョ

アメリカ合衆国、テキサス州 78749、オースティン、ジャナバード・レーン 5705

Fターム(参考) 5F004 CA08 CA09

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
【部門区分】第7部門第2区分
【発行日】平成21年6月25日(2009.6.25)

【公表番号】特表2005-514790(P2005-514790A)
【公表日】平成17年5月19日(2005.5.19)
【年通号数】公開・登録公報2005-019
【出願番号】特願2003-558915(P2003-558915)
【国際特許分類】
H 0 1 L 21/3065 (2006.01)
【F I】
H 0 1 L 21/302 1 0 1 G

【誤訳訂正書】
【提出日】平成21年5月11日(2009.5.11)
【誤訳訂正1】
【訂正対象書類名】特許請求の範囲
【訂正対象項目名】請求項6
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【請求項6】

前記特徴づける工程は、前記測定された特性と、前記測定データと関係する少なくとも1つの制御可能なプロセスパラメータとの間の関係を多変量解析を使用して決定することをさらに備える、請求項1に記載の方法。

【誤訳訂正2】
【訂正対象書類名】特許請求の範囲
【訂正対象項目名】請求項10
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【請求項10】

前記最適化する工程は、前記基板にわたる前記測定データの均一性を改良することを備える、請求項1に記載の方法。

【誤訳訂正3】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】0037
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【0037】

式中、Tは、X変数を要約するスコアの $(m \times p)$ マトリクスであり、Pは、その変数の影響を示す負荷の $(n \times p)$ 、この場合 $p \leq n$ マトリクスである。